



TUGAS AKHIR - TM 5502
ANALISIS PERFORMA PEMANAS
AIR DENGAN SUMBER ENERGI
MATAHARI

IKKI ADJI DHARMA
NRP 2113 030 035

Dosen Pembimbing
Ir. Joko Sarsetiyanto,MT

Dosen Pembimbing
Giri Nugroho,ST.MT

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TM 5502

PERFORM ANALISIS OF SOLAR WATER HEATER

**IKKI ADJI DHARMA
NRP 2113 030 035**

**Dosen Pembimbing I
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT**

**Dosen Pembimbing II
Giri Nugroho,ST,MSc**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

ANALISIS PERFORMA PEMANAS AIR DENGAN SUMBER ENERGI SURYA SEDERHANA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :
IKKI ADJI DHARMA
NRP. 2113 030 035


Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I



Ir. Joko Sarsetyanto, MT
NIP. 1961060 2198701 1 001

Dosen Pembimbing II



Giri Nugroho, ST, Msc
NIP. 1979102 9201212 1 002

**SURABAYA
JUNI 2016**

ANALISIS PERFORMA PEMANAS AIR DENGAN SUMBER ENERGI MATAHARI

Nama Mahasiswa : Ikki Adji Dharma
N.R.P : 2113 030 035
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.
Dosen Pembimbing II : Giri Nugroho ST, Msc.

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis, sehingga Indonesia memiliki potensi energi matahari sangat besar. Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari adalah digunakan sebagai sumber energi pada alat pemanas air tenaga surya.

Prinsip kerja alat pemanas air tenaga surya yaitu dengan memanfaatkan kalor yang berasal dari matahari untuk menaikkan temperatur air. Pengujian ini dilakukan dengan empat variasi kapasitas dari bukaan katup, dimana tiap bukaan katup memiliki efek terhadap kalor yang masuk, terdapat juga pengujian heat loss pada bak penampung.

Dari hasil analisis pemanas air yang memiliki panjang pipa 6,57 m, diameter pipa 12,57 cm, luas plat 0,88m² dan berkapasitas 0,000416 m³/s diperoleh heat gain yang dihasilkan oleh alat ini sebesar 27822,08 J/s. dan memiliki nilai heat loss pada bak penampung sebesar 2109842,46 J/s. Tiap perubahan kapasitas memiliki nilai heat gain yang berbeda sehingga disimpulkan bahwa kapasitas mempengaruhi nilai heat gain.

Kata Kunci : heat gain, kapasitas, radiasi

ANALYSIS PERFORMANCE SOLAR WATER HEATER

Nama Mahasiswa : Ikki Adji Dharma
N.R.P : 2113 030 025
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.
Dosen Pembimbing II : Giri Nugroho ST, Msc.

Abstrak

Indonesia is the country which have tropic iclim. This means that Indonesia is rich of solar energy. One of the way using the solar energy is to heat water in the solar water heater system. The working principle of solar water heater system is the water which through inside the pipe absorbing the heat from solar radiation directly from the sun.

Tes t s using four capacity which means there are effect for heat gain every capacity

From the test, it's can produce power up to $27822 \frac{J}{s}$. This system designed to provide the heat loss in the bucket is 2109842,46.

Kata Kunci : heat gain , heat loss, capacity, radiation

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	1
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika penulisan	2

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kajian pustaka.....	4
2.1.1 Penelitian Hollands (1965).....	4
2.1.2 Penelitian Jong Ho Lee dan Kawan-Kawan (1986)	4
2.1.3 Penelitian Wang Shin An (1979).....	5
2.2 Perpindahan panas	6
2.2.1 Perpindahan panas konveksi	7
2.2.2 Perpindahan panas konduksi	7
2.3 Radiasi	8
2.3.1 Konstanta matahari	9
2.3.2 Geometri radiasi surya	10
2.4 Radiasi luar angkasa pada bidang horizontal.....	13
2.5 Radiasi matahari langsung dan radiasi matahari difuse.....	14
2.5.1 Intensitas matahari langsung	14
2.5.2 Intensitas matahari difuse.....	15
2.6 Radiasi total pada permukaan miring tetap.....	15
2.7 Kolektor surya plat bergelombang.....	16

2.7.1 Bagian utama kolektor surya plat datar	16
2.8 Keseimbangan energi pada kolektor surya plat bergelombang	17
2.9 Azaz black	18
2.10 Isolator	18
2.11 Alat ukur temperatur	19
2.11.1 Thermometer Infrared	19
2.11.2 Termokopel	20

BAB III METODOLOGI

3.1 Langkah penyusunan tugas akhir	23
3.2 Instalasi heat exchanger	24
3.3 Parameter yang di ukur	25
3.4 Alat ukur yang digunakan	25
3.5 Tahap-tahap pengujian	26
3.6 Diagram alir heat gain dan heat loss	28
3.7 Jadwal pengujian	29

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan variasi kapasitas	30
4.2 Data temperatur	31
4.3 Analisis data temperatur	33
4.4 Perhitungan massa jenis	36
4.5 Perhitungan laju aliran massa	38
4.6 Overall heat gain	40
4.7 Validasi nilai heat gain	42
4.8 Heat loss	44
4.9 Perhitungan volume untuk mandi	46

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pemantulan berulang pada plat bergelombang	4
Gambar 2.2 Pengaruh sudut insiden pada radiasi matahari	5
Gambar 2.3 Tube and sheet collector	5
Gambar 2.4 Corrugated sheet collector	6
Gambar 2.5 Metode perpindahan panas	6
Gambar 2.6 distribusi kecepatan dan temperatur	7
Gambar 2.7 Laju perpindahan panas radiasi	8
Gambar 2.8 Konstanta matahari	10
Gambar 2.9 Sudut-sudut matahari dengan permukaan bumi	11
Gambar 2.10 Sudut datang matahari belahan bumi utara	12
Gambar 2.11 Prinsip kerja plat	16
Gambar 2.12 Thermometer laser	19
Gambar 2.13 Thermocouple	20
Gambar 2.14 Prinsip kerja termokopel	21
Gambar 3.1 bagan instalsi	24
Gambar 3.2 gambar teknik instalasi	24
Gambar 4.1 control volume instalasi	40
Gambar 4.2 grafik heat gain-kapasitas	42
Gambar 4.3 pipa yang tidak terisolasi	43
Gambar 4.4 celah pada pipa masuk dan keluar	44
Gambar 4.5 Heat loss	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 jadwal pengujian	29
Tabel 4.1 Temperatur air pada $Q=0,000416 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 1	31
Tabel 4.2 Temperatur air pada $Q=0,000416 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 2	32
Tabel 4.3 Temperatur air pada $Q=0,0002778 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 1	32
Tabel 4.4 Temperatur air pada $Q=0,0002778 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 2	33
Tabel 4.5 Temperatur air pada $Q=0,00014 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 1	33
Tabel 4.6 Temperatur air pada $Q=0,00014 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 2	34
Tabel 4.7 Temperatur air pada $Q=0,000406 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 1	34
Tabel 4.8 Temperatur air pada $Q=0,0000406 \text{ m}^3/\text{s}$ percobaan 2	35
Tabel 4.9 Δt ($^{\circ}\text{C}$) per kapasitas.....	36
Tabel 4.10 heat gain	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki iklim tropis sehingga potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp. Energi matahari dapat dimanfaatkan untuk keperluan manusia.

Salah satu bentuk pemanfaatan tenaga matahari adalah digunakan untuk pemanas pada pemanas air. Pemanas air dengan sumber energi matahari memiliki prinsip kerja dengan memanfaatkan perpindahan panas radiasi langsung matahari. Dari perpindahan panas tersebut maka air yang di alirkan di dalam pipa memperoleh panas sehingga suhu air akan meningkat.

Heat gain teoritis tentunya akan memiliki nilai yang berbeda dengan heat gain secara eksperimental. Oleh karena alasan tersebut maka penulis memutuskan tugas akhir dengan judul **“analisis performa pemanas air dengan sumber energi matahari”** dimana pengujian ini dilakukan pada prototype pemanas air tenaga surya plat bergelombang.

1.1 Rumusan Masalah

- Apakah nilai heat gain yang dihitung secara teoritis dan dihitung dengan dihitung berdasarkan experimental memiliki nilai yang sama.
- Apakah Nilai heat gain dipengaruhi oleh variasi kapasitas
- Berapa Nilai heat loss pada bak penampung
- Berapa volume yang dapat digunakan untuk mandi pada pukul 04.00 pagi dengan asumsi temperatur mandi sebesar 38°C

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Energi berasal dari radiasi sinar matahari.
2. Air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM.
3. Kecepatan aliran udara di lingkungan tidak di ukur.
4. Suhu lingkungan tidak di ukur.
5. Intensitas matahari tidak di ukur.

1.3 Tujuan Penulisan

1. Mengetahui nilai heat gain secara actual
2. Mengetahui nilai heat loss pada bak penampung
3. Mengetahui perbedaan nilai heat gain teoritis dan heat gain eksperimental.
4. Mengetahui volume yang dapat digunakan untuk mandi pada pukul 04.00 pagi dengan asumsi temperatur mandi 38°C

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Penulis
Hasil penulisan tugas akhir ini bermanfaat dalam menambah wawasan penulis terhadap pemanfaatan energi matahari dalam bentuk sistem pemanas air.
2. Bagi Pihak lain

Hasil penulisan tugas akhir ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan alat pemanas air tenaga surya berikutnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II DASAR TEORI

Bab ini memuat tentang penelitian-penelitian terdahulu serta teori-teori yang menjadi dasar dari rancang bangun alat pemanas air tenaga surya dan perpindahan panasnya.

Bab III METODOLOGI

Bab ini memuat metode selama proses pembuatan tugas akhir dan rincian pengambilan data dari performa pemanas air tenaga surya

Bab IV PERHITUNGAN

Bab ini memuat tentang perhitungan-perhitungan kapasitas , masa jenis , heat gain dan heat loss dari pemanas air tenaga surya, volume yang dapat digunakan untuk mandi

Bab V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran.

LAMPIRAN

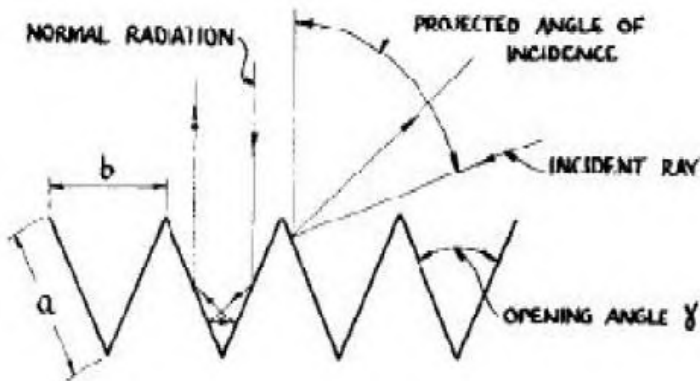
BAB II DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu terkait dengan penggunaan kolektor surya sebagai pemanas air tenaga matahari adalah sebagai berikut:

2.1.1 Penelitian Hollands (1965)

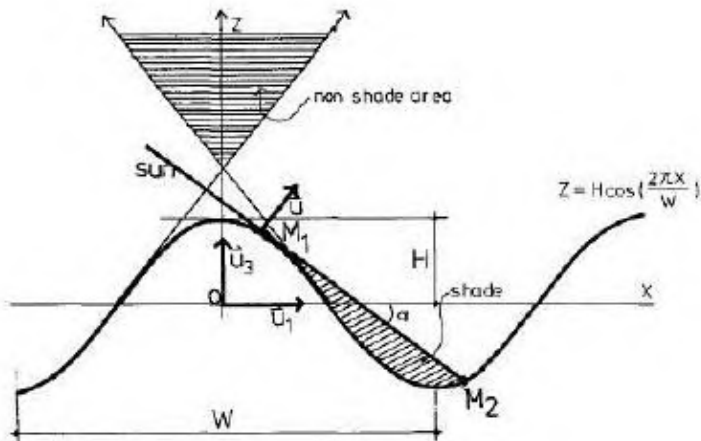
Dengan menggunakan pelat absorber gelombang akan meningkatkan absorbtivitas pelat terhadap radiasi matahari. Dengan adanya bentuk gelombang sinar matahari yang mengenai pelat absorber sebagian dipantulkan ke kaca dan sebagian lagi ke pelat gelombang di sebelahnya.



Gambar 2.1 Proses Pemantulan Berulang pada Plat Bergelombang [3]

2.1.2 Penelitian Jong Ho Lee dan Kawan-Kawan (1986)

Pada eksperimen ini besarnya radiasi matahari sebagai *moving source* yang diterima oleh pelat bergantung pada *incident angle* yang terjadi pada permukaan gelombang plat.



Gambar 2.2 Pengaruh Sudut Insiden pada Radiasi Matahari [3]

2.1.3 Penelitian Wang Shing An (1979)

Menganalisa perpindahan panas dan melakukan pengujian dengan menggunakan kolektor pelat absorber gelombang dari baja dengan ketebalan 0.8 mm untuk mengurangi kehilangan panas ke atas menggunakan cover ganda.

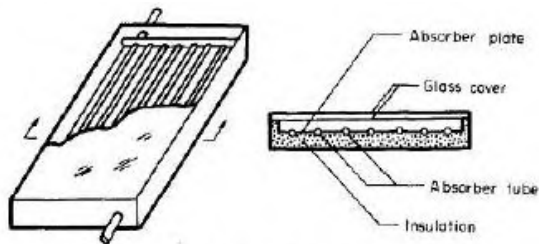
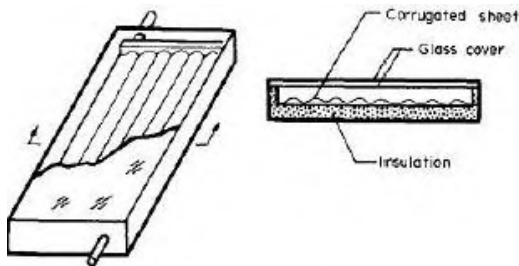


Fig. 1. Tube and sheet collector.

Gambar 2.3 Tube and Sheet Collector [3]

Pada sistem di atas menggunakan pipa dan plat datar, posisi pipa berada di atas plat datar sehingga pipa akan menerima radiasi langsung dan radiasi terpencar.

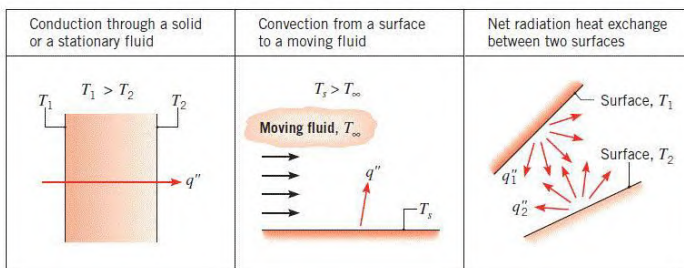


Gambar 2.4 Corrugated Sheet Collector [3]

Pada sistem di atas hanya menggunakan plat bergelombang sebagai penerima radiasi matahari. Air di alirkan dibawah plat bergelombang yang nantinya akan menerima kalor dari plat.

2.2. Perpindahan Panas

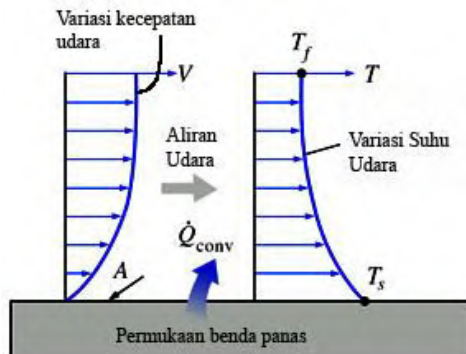
Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi.



Gambar 2.5 Metode perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi [7]

2.2.1 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi terdiri dari dua mekanisme, yaitu perpindahan energi yang disebabkan gerakan acak molekul (difusi) dan gerakan mikroskopis fluida didalam lapisan batas (*boundary layer*). Viskositas fluida dan sifat-sifat termal fluida, seperti konduktivitas termal, kalor spesifik dan density sangat mempengaruhi perpindahan panas secara konveksi. Viskositas fluida akan mempengaruhi mass flow rate dari fluida. Semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar pula gradien temperatur sehingga panas yang dibawa akan lebih besar.



Gambar 2.6 Distribusi kecepatan dan temperatur [7]

2.2.2 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi Adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Hukum Fourier menyatakan bahwa laju perpindahan kalor dengan sistem konduksi dinyatakan dengan :

- Gradien temperatur dalam arah- x dinyatakan dengan, dT/dx .
- Luas perpindahan kalor arah normal pada arah aliran kalor, A .

$$Q = -kA \left[\frac{dt}{dx} \right] \quad (2.1)$$

Q_x = laju perpindahan kalor (Watt),

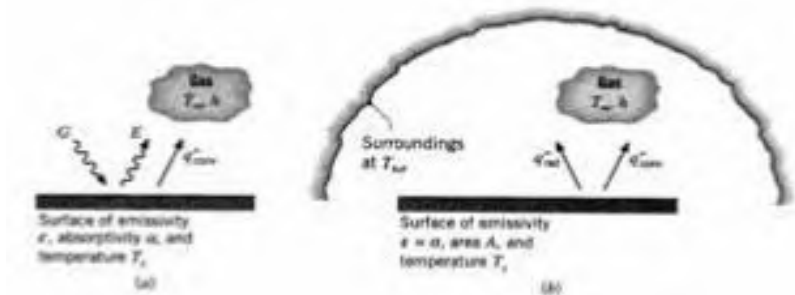
k = konduktivitas thermal, merupakan sifat material (W/m.C),

A = luas penampang yang tegak lurus dengan arah laju perpindahan kalor (m²)

dT/dx = Gradien temperatur dalam arah x (C/m),

2.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas dari satu media ke media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Peristiwa radiasi akan lebih efektif terjadi pada ruang hampa, berbeda dari perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mengharuskan adanya media perpindahan panas.



Gambar 2.7. Laju perpindahan panas radiasi [7]

Radiasi yang dipancarkan oleh permukaan berasal dari energi termal yang dibatasi oleh suatu permukaan. Perpindahan panas radiasi terjadi tanpa melalui suatu media perantara dan perpindahan panas ini dapat terjadi pada ruang hampa (vakum).

Kekuatan energi yang dilepaskan setiap luasan menurut Stefan-Boltzman pada permukaan hitam yaitu:

$$E_b = \sigma \times T_s^4 \quad (2.2)$$

Dimana:

$$\sigma = \text{Konstanta Boltzman } (5,678 \times 10^{-8} \frac{W}{m K^4})$$

$$T_s = \text{Temperatur Permukaan } (^{\circ}C)$$

Dalam kenyataannya, temperatur permukaan berbeda dengan temperatur sekitar. Radiasi yang dipancarkan oleh suatu permukaan nyata akan lebih kecil dari persamaan diatas, karena itu, untuk permukaan nyata harus dikalikan dengan suatu faktor yang disebut *emisivitas* (ε). Sehingga panas yang diradiasikan setiap luasan adalah:

$$q'' = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (2.3)$$

Dimana:

q'' = Panas nyata yang diradiasikan persatuan luas permukaan

$$\left(\frac{W}{m^2}\right)$$

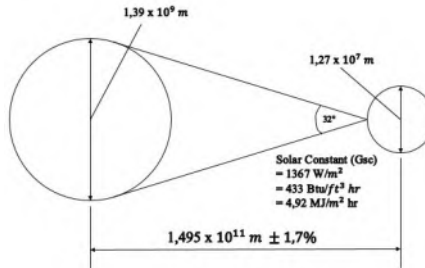
ε = Emisivitas fluida

T_{sur} = Temperatur lingkungan sekitar ($^{\circ}C$)

2.3.1 Konstanta Matahari

Jarak rata-rata antara matahari dan bumi yaitu $1,495 \times 10^{11}$ m. Hubungan geometri matahari-bumi diperlihatkan pada gambar 2.5. Radiasi yang dipancarkan matahari menghasilkan intensitas radiasi diluar atmosfer yang mendekati konstan. Konstanta matahari (G_{sc}) adalah energi yang dipancarkan matahari tiap satuan waktu yang diterima oleh suatu luasan permukaan yang tegak lurus arah perambatan radiasi pada suatu satuan astronomi diluar atmosfer.

Berbagai pengukuran radiasi matahari dilakukan dengan bermacam alat ukur, diantaranya oleh Frochlich (1977) yang merekomendasikan harga G_{sc} sebesar 1373 W/m^2 dengan kemungkinan kesalahan 1 – 2 %. World Radiation Center (WRC) mengambil harga sebesar 1367 W/m^2 dengan ketelitian 1%.



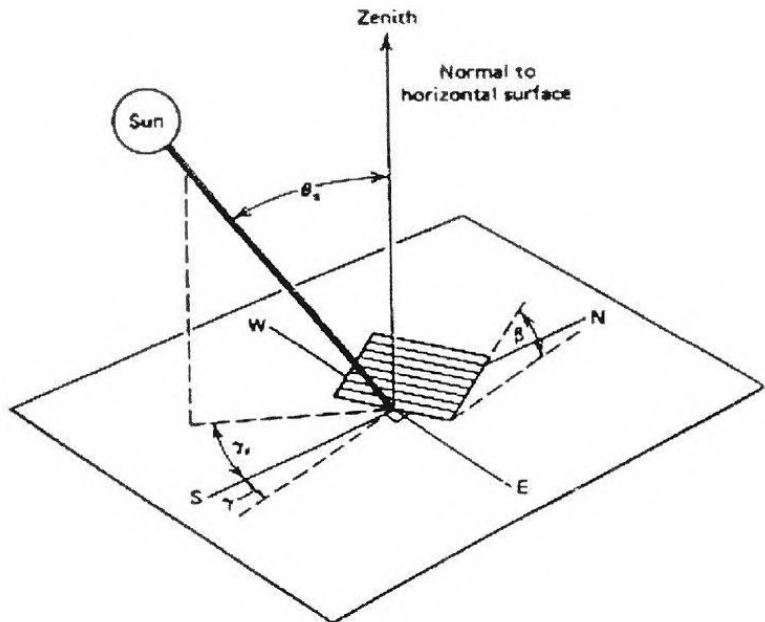
Gambar 2.8. Hubungan ruang Matahari – Bumi [10]

2.3.2 Geometri Radiasi Surya

Lokasi dan kemiringan permukaan menentukan besarnya sudut datang radiasi surya pada permukaan tersebut. Hubungan antara suatu permukaan dengan radiasi surya yang datang dapat digambarkan dengan beberapa istilah yang diwakili oleh simbol-simbol sudut dibawah ini:

- Φ = Sudut lintang merupakan sudut lokasi permukaan terhadap ekuator, dimana untuk arah Utara diberi tanda positif, $-90^\circ \leq \Phi \leq 90^\circ$.
- δ = Sudut deklinasi matahari terhadap garis zenith di ekuator pada saat jam 12.00 waktu matahari atau letak sudut kemiringan bumi-matahari akibat rotasi bumi pada arah sumbu axis bumi-matahari. Untuk arah Utara diberi tanda positif, $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$.
- β = Sudut kemiringan, yaitu sudut antara permukaan bidang yang dimaksud dengan bidang horizontal, $-180^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$.
- γ = Sudut azimuth permukaan, yaitu sudut antara proteksi dan arah normal permukaan pada bidang horizontal dengan garis meridian, (titik nol diselatan, kearah Timur bertanda negatif, kearah Barat bertanda positif), $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$.
- θ = Sudut insiden datang-timpa, yaitu sudut antara radiasi langsung pada permukaan dengan arah normal dan permukaan tersebut.

- θ_z = Sudut zenith matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung dan matahari dengan garis normal bidang horizontal.
- α = Sudut ketinggian matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung dan matahari dengan bidang horizontal.
- ω = Sudut jam, yaitu perpindahan sudut dan matahari ke arah Timur atau Barat dari garis bujur lokal akibat rotasi bumi pada axisnya sebesar 15 tiap jam (harga nol tepat pada jam 12.00 waktu matahari, kearah pagi bertanda positif, kearah petang bertanda negatif).



Gambar 2.9. Sudut-sudut Matahari dengan Permukaan Bumi [10]

Sudut deklinasi (δ) dapat ditentukan dengan persamaan Cooper (1969), sebagai berikut:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \times \frac{284+n}{365} \right) \quad (2.4)$$

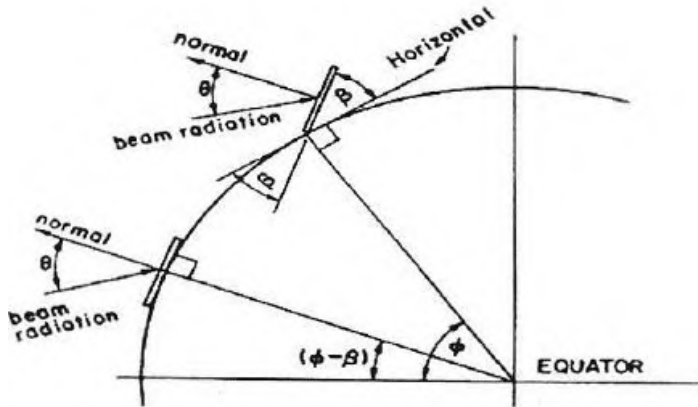
dimana n adalah nomor urut tanggal dalam satu tahun, dimulai $n = 1$ pada tanggal 1 Januari dan seterusnya. Sedangkan sudut datang matahari menurut Beckman ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & (\sin \delta \sin \Phi \cos \beta) - (\sin \delta \cos \Phi \sin \beta \cos \gamma) + \\ & (\cos \delta \cos \Phi \cos \beta \cos \omega) = (\cos \delta \sin \Phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega) + \\ & (\cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Untuk suatu permukaan horizontal dimana $\beta = 0$, maka persamaan menjadi:

$$\cos \theta_z = (\sin \delta \sin \Phi) + (\cos \Phi \cos \omega) \quad (2.6)$$

Untuk sudut datang pada permukaan yang menghadap kearah utara atau selatan dengan kemiringan tertentu, hubungan ini dapat dilihat pada gambar 2.7. Sudut datang matahari untuk belahan bumi utara:



Gambar 2.10. Sudut Datang Matahari Belahan Bumi Utara [10]

$$\cos \theta = \cos(\Phi + \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\Phi - \beta) \sin \delta \quad (2.7)$$

Sedangkan untuk belahan bumi selatan, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\cos\theta_z = \cos(\Phi + \beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\Phi - \beta) \sin\delta \quad (2.8)$$

Sudut jam matahari terbenam (ω_s), dapat dirumuskan sebagai:

$$\begin{aligned} \cos\omega_s &= -\frac{\sin\Phi \sin\delta}{\cos\Phi \cos\delta} \\ \cos\omega_s &= -\tan\Phi \tan\delta \quad (2.9) \end{aligned}$$

2.4. Radiasi Luar Angkasa pada Permukaan Horizontal

Radiasi luar angkasa atau bisa disebut radiasi ekstraterrestrial merupakan radiasi surya diluar bumi. Menghitung radiasi ekstraterrestrial akan berguna untuk mengetahui besarnya radias matahari langsung dan radiasi matahari difuse (sebaran). Radiasi surya yang diterima oleh suatu permukaan horizontal diluar atmosfer bumi pada kondisi dimana arah rambatan radiasi tegak lurus bidang permukaan, oleh Beckman dirumuskan sebagai:

$$G_o = G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] \cos\theta_z \quad (2.10)$$

Dimana G_{sc} adalah konstanta matahari dan n menyatakan urutan hari. Dengan mensubstitusikan persamaan (θ_z) kedalam persamaan diatas, maka diperoleh:

$$\begin{aligned} G_o = G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] (\cos\Phi \cos\delta \cos\omega + \\ \sin\Phi \sin\delta) \quad (2.11) \end{aligned}$$

Perhitungan radiasi surya harian seringkali diperlukan, maka persamaan dapat diintegrasikan selama periode matahari

terbit hingga terbenam. Maka radiasi matahari harian menurut persamaan yang diberikan Beckman menjadi:

$$G_o = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] x \left[\cos \Phi \cos \delta \cos \omega + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \Phi \sin \delta \right] \quad (2.12)$$

Dimana sudut jam matahari terbenam (ω_s), dinyatakan dalam derajat. Sedangkan besarnya radiasi extraterrestrial setiap jam untuk suatu bidang horizontal dirumuskan oleh Beckman dengan persamaan:

$$I_o = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] x \left[\cos \Phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi (\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \Phi \sin \delta \right] \quad (2.13)$$

2.5. Radiasi Matahari Langsung dan Radiasi Matahari Difuse

Intensitas matahari yang menuju kolektor dibagi menjadi dua yaitu secara langsung dan melalui sebaran radiasi matahari di atmosfer (difuse).

2.5.1. Intensitas Matahari Langsung (I_b)

Besar intensitas matahari langsung (I_b) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_b = H_o(1 - k) \quad (2.14)$$

K merupakan perbandingan intensitas radiasi matahari ekstraterrestrial (I_o) dengan intensitas radiasi total yang diterima permukaan (H_o) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$k = \frac{I_o}{H_o} \quad (2.15)$$

2.5.2. Intensitas Matahari Difuse (I_d)

Intensitas matahari difuse dapat dihitung dengan mengurangi radiasi total yang diterima permukaan bumi dengan radiasi langsung.

$$I_d = H_o - I_b \quad (2.16)$$

2.6. Radiasi Total pada Permukaan Miring Tetap

Permukaan pengumpul radiasi surya plat datar menyerap baik radiasi langsung maupun radiasi difusi. Radiasi yang datang pada suatu permukaan miring dapat diperkirakan dengan suatu faktor geometrik (R), yang menyatakan perbandingan radiasi total yang jatuh pada permukaan miring terhadap radiasi yang diterima apabila pada posisi horizontal

$$R = \frac{I_T}{I} \quad (2.17)$$

Faktor geometrik R dapat diimplementasikan pada komponen radiasi langsung maupun difusi, sehingga persamaan 2.22 menjadi:

$$R = \frac{I_{bT}}{I_b} \text{ dan } R = \frac{I_{dT}}{I_d} \quad (2.18)$$

Sehingga faktor geometrik R dapat dinyatakan dalam:

$$R = \frac{I_b}{I} R_b + \frac{I_d}{I} R_d \quad (2.19)$$

Dimana I_b adalah radiasi langsung, I_d adalah radiasi difuse, dan T adalah posisi dalam keadaan miring. Dalam hubungan dengan geometri radiasi surya, R_b dapat ditetapkan dengan persamaan:

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (2.20)$$

Liu dan Jordan (1963) mengembangkan suatu model radiasi total pada permukaan miring yang terdiri atas tiga

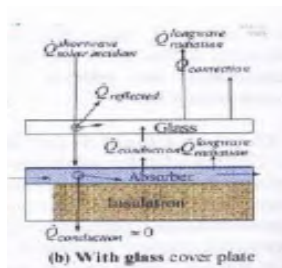
komponen yaitu radiasi langsung, radiasi difusi dan radiasi yang dipantulkan secara difusi dan tanah. Jadi radiasi surya tital pada permukaan yang membentuk sudut β adalah:

$$I_T = I_b R_b + I_d \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) + (I_b + I_d) \rho_g \left(\frac{1-\cos\beta}{2} \right) \quad (2.21)$$

Dimana nilai ρ_g adalah faktor pemantulan radiasi permukaan sekeliling, dimana harga $\rho_g = 0,2$ digunakan untuk keadaan sekeliling yang tak bersalju dan $\rho_g = 0,7$ digunakan bila permukaan sekeliling diliputi salju.

2.7. Kolektor Surya Plat Bergelombang

Radiasi matahari menembus kaca penutup lalu sinar matahari akan diteruskan menuju absorber dan diharapkan semua sinar matahari yang berupa energi panas terakumulasi di pelat absorber. Energi dari radiasi matahari yang terakumulasi di pelat absorber akan ditransfer ke fluida yang mengalir di bawah pelat absorber. Sehingga menyebabkan temperature fluida yang keluar mengalami peningkatan. Bagian isolasi yang berada di bawah pelat absorber berfungsi sebagai isolator agar panas tidak terdistribusi keluar sistem kolektor surya.



Gambar 2.11 Prinsip kerja plat [10]

2.7.1. Bagian utama Kolektor Surya Plat Datar

Secara umum, kolektor surya plat datar terdiri atas bagian utama, sebagai berikut:

a) Plat penyerap

Plat penyerap berfungsi untuk menyerap energi radiasi matahari yang diteruskan oleh penutup (kaca) transparan. Bahan plat yang digunakan adalah seng yang memiliki konduktivitas tinggi. Biasanya permukaan plat dicat hitam buram untuk meningkatkan kemampuan penyerapan panasnya.

b) Kaca transparan

Kaca transparan berfungsi untuk meneruskan radiasi matahari sekaligus mengurangi kehilangan panas konveksi dan radiasi ke sekitar.

c) Pipa

pipa digunakan sebagai tempat mengalirnya air yang akan dipanaskan. Pipa akan menerima panas hasil pantulan radiasi dari plat dan radiasi matahari setelah melalui kaca. Bahan pipa yang digunakan adalah pipa besi.

d) Insulator

Yaitu alat penyekat yang memiliki nilai konduktivitas yang sangat rendah. Fungsinya sebagai penyekat untuk meminimalisir kehilangan panas pada bagian bawah dan samping kolektor.

2.8 Keseimbangan Energi pada Kolektor Surya Plat

Bergelombang

Sejumlah fluks energi radiasi yang datang pada suatu kolektor akan diserap oleh pipa secara langsung (radiasi langsung) dan sebagian diserap plat yang nantinya akan dipantulkan ke pipa (radiasi insiden). Energi panas yang hilang pada kolektor dinyatakan dengan total kehilangan panas (U_L) dikalikan dengan selisih antara temperatur pipa rata-rata dengan temperatur *ambient air* atau temperatur lingkungan sekitar. Jumlah energi berguna dengan luasan kolektor energi sebagai berikut:

$$Q_u = A_p [S - U_L(T_{pm} - T_a)] + [F_{ij} \varepsilon \sigma A (T_{pt}^4 - T_{pm}^4)] \quad (2.22)$$

2.9 Asas Black

Ketika suatu benda melepas panas ke sekitarnya, $Q < 0$. Ketika benda menyerap panas dari sekitarnya, $Q > 0$. Jumlah panas, kecepatan penyaluran panas, dan fluks panas semua disimbolkan dengan perbedaan permutasi huruf Q . Mereka biasanya diganti dalam konteks yang berbeda. Jumlah panas dinotasikan sebagai Q , dan diukur dalam joule dalam satuan SI.

$$Q = m c \Delta T \quad (2.23)$$

Hukum asas black berbunyi “*Jumlah kalor yang dilepas oleh materi yang bersuhu lebih tinggi akan sama dengan jumlah kalor yang diterima oleh materi yang suhunya lebih rendah*” atau disederhanakan sebagai kalor yang dilepas akan sama dengan kalor yang diterima.

$$Q_{\text{diterima}} = Q_{\text{dilepaskan}} \quad (2.24)$$

2.10 Isolator

Insulasi termal (isolasi termal, isolasi panas) adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas/kalor. Panas atau energi panas (kalor) bisa dipindahkan dengan cara konduksi, konveksi, dan radiasi atau ketika terjadi perubahan wujud. Mengenai insulasi termal, hanya dibicarakan perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Aliran panas dapat dikendalikan dengan proses ini, tergantung pada sifat material yang dipergunakan. Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas itu disebut isolator atau insulator. Panas dapat lolos meskipun ada upaya untuk menutupinya, tapi isolator mengurangi panas yang lolos tersebut.

Isolasi termal dapat menjaga wilayah tertutup seperti bangunan atau tubuh agar terasa hangat lebih lama dari yang sewajarnya, tetapi itu tidak mencegah hasil akhirnya, yaitu masuknya dingin dan keluarnya panas. Isolator juga dapat bekerja sebaliknya, yaitu menjaga bagian dalam suatu wadah terasa

dingin lebih lama dari biasanya. Insulator digunakan untuk memperkecil perpindahan energi panas.

Kemampuan insulasi suatu bahan diukur dengan konduktivitas termal (k). Konduktivitas termal yang rendah setara dengan kemampuan insulasi (resistansi termal atau nilai R) yang tinggi. Dalam teknik termal, sifat-sifat lain suatu bahan insulator atau isolator adalah densitas (ρ) dan kapasitas panas spesifik (c).

Bahan dengan konduktivitas termal (k) rendah menurunkan laju aliran panas. Jika nilai k lebih kecil, value, maka nilai resistansi termal yang berkaitan (R) akan lebih besar. Konduktivitas termal diukur dengan satuan watt-per-meter per Kelvin ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), dilambangkan dengan k . Semakin tebal bahan insulator, semakin tinggi pula resistansi termal atau nilai R bahan itu. Contoh isolator yang baik dan paling mudah didapat adalah glasswool dan karung goni

2.11. Alat Ukur Temperatur

2.11.1 Thermometer Infrared



Gambar 2.12 Thermometer Infrared [6]

Infrared Thermometer memberikan kemampuan untuk mendeteksi suhu secara optik selama objek diamati, radiasi energi sinar inframerah diukur, dan disajikan sebagai suhu. Termometer ini menawarkan metode yang cepat dan akurat dalam pengukuran suhu dengan objek dari kejauhan serta tanpa harus disentuh.

Prinsip dasar dari termometer inframerah ialah bahwa seluruh obyek yang memancarkan energi infra merah yang semakin panas, maka molekulnya semakin aktif serta semakin banyak energi infra merah yang akan dipancarkan.

Cara penggunaan termometer inframerah ini ialah hanya dengan mengarahkannya saja ke objek yang hendak diukur suhunya, maka termometer jenis ini akan membaca suhu objek tersebut. Infrared Thermometer umumnya Asmat berguna dalam pengukuran dapur tinggi atau furnace dalam industri peleburan ataupun yang suhu permukaannya tak memungkinkan untuk disentuh serta untuk penggunaan umum yang lainnya, semisal:

- Mengukur suhu benda-benda yang bergerak, semisal : Conveyor, Mesin, dll.
- Mengukur suhu benda yang berbahaya, semisal : jarak yang tinggi, tegangan tinggi, serta sulit untuk dijangkau, dll.
- Mendeteksi suhu tubuh makhluk hidup, semisal manusia, hewan, dll.
- Mengukur suhu yang terlalu tinggi serta sulit didekati ataupun sulit disentuh, contohnya : Furnace, thermocouple, dll.
- Mendeteksi awan untuk sistem pengoperasian teleskop jarak jauh.
- Memonitor proses pendinginan ataupun pemanasan material, yang bertujuan untuk penelitian serta pengembangan ataupun quality control pada manufaktur.
- Mendeteksi titik api atau menunjukkan diagnosa terhadap produksi papan rangkaian listrik.
- Memeriksa titik api bagi pemadam kebakaran.

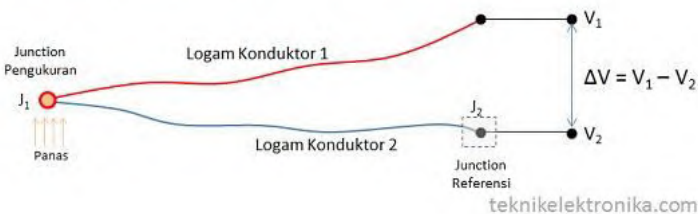
2.11.2 Termokopel



Gambar 2.13 Thermocouple [11]

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2.14 Cara Kerja Termokopel [6]

Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan

suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu V - 70 \mu V$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

BAB III

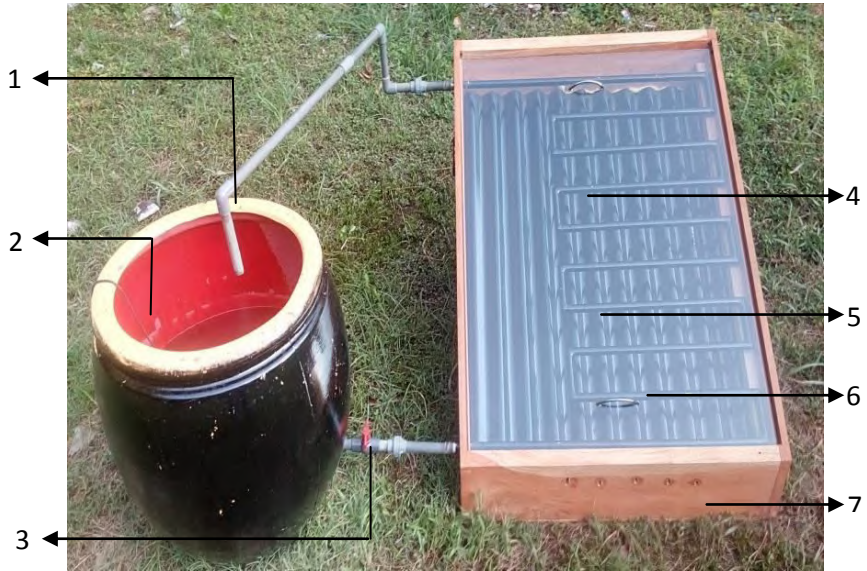
METODE PERANCANGAN

3.1 Langkah Penyusunan Tugas Akhir

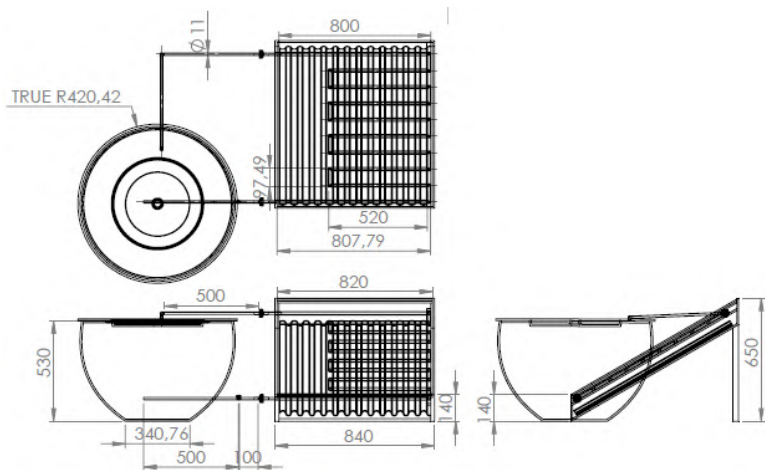
Urutan-urutan pekerjaan yang harus dilakukan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penentuan topik
Proses pengambilan keputusan topik tugas akhir secara umum
2. Asistensi dengan Dosen
diskusi untuk membahas konsep, judul dll dari topik yang telah diputuskan
3. Studi Literatur
Mempelajari referensi-referensi yang berhubungan dengan heat exchanger yang dapat menunjang dasar teori
4. Pengujian
Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam memanaskan air, hasil akhir dari percobaan berupa temperatur air, plat dan pipa
5. Analisa hasil pengujian
Performa dapat di analisa dari heat gain dan heat loss yang telah dihitung berdasarkan data yang di peroleh dari praktikum
6. Pembuatan buku tugas akhir
Pembuatan buku tugas akhir dimana buku tersebut berisi tentang latar belakang, dasar teori, metodologi , pembahasan dan kesimpulan dari tugas akhir

3.2 Instalasi heat exchanger



Gambar 3.1 bagan instalasi



gambar 3.2 gambar teknik instalasi

Bagian instalasi

1. Discharge Heat exchanger
2. Wadah penampung air
3. Gate valve
4. Plat
5. Kaca
6. Pipa
7. Casing

3.3 Parameter yang di ukur

1. Waktu yang dibutuhkan untuk air memenuhi volume sebesar 1 liter tiap bukaan katup
2. Temperatur air pada 5 titik yang berbeda.
3. Temperatur plat pada 5 titik yang berbeda.
4. Temperatur pipa pada 5 titik yang berbeda.

3.4 Alat ukur yang digunakan

1. Gelas ukur
Gelas ukur berfungsi untuk mengukur volume keluaran dari suatu variasi bukaan katup.
2. Stopwatch
Berfungsi untuk mengukur waktu yang dibutuhkan air untuk memenuhi 1000 ml.
3. Termocouple

Cara	Penggunaan	Thermocouple
Memasang baterai 9 volt lalu tekan tombol ON. Hubungkan probe dengan konektor pada bagian atas. Lalu putar posisi ke $^{\circ}\text{C}$. Celupkan ujung probe ke dalam air untuk mengukur termocouple tersebut lalu tunggu hingga angka menjadi stabil.matikan termometer dengan menekan tombol OFF. Alat ini berfungsi untuk mengukur temperatur Air yang berada pada bak.		
4. Termometer laser

sebuah alat ukur suhu yang dapat mengukur temperatur tanpa bersentuhan dengan obyek yang akan diukur suhunya. Alat ini digunakan untuk mengukur permukaan pipa dan plat.

3.5 Tahap-Tahap pengujian

3.3.1 Alat dan Bahan

1. Air sejumlah 60 liter
2. Termocouple
3. Gelas ukur
4. Stopwatch
5. Termometer laser

3.3.2 Persiapan Awal

1. Pastikan instalasi perpipaan terpasang dengan baik dan tidak terdapat kebocoran
2. Pastikan sumber listrik berfungsi dengan baik
3. Pastikan pompa dapat berfungsi
4. Pastikan tidak terdapat kotoran pada kaca yang menghalangi cahaya matahari masuk ke plat kolektor
5. Pastikan cuaca di lokasi praktikum sedang cerah

3.3.3 Prosedur Pengujian Heat Gain

1. Isi air pada wadah air sebanyak 60 liter.
2. Sambungkan steker pompa pada stop kontak untuk menyalakan pompa.
3. Buka gate valve dengan kondisi fully open.
4. Gunakan termocouple untuk mengukur temperatur air pada 5 titik yang berbeda, dan gunakan termometer laser untuk mengukur pipa dan plat.
5. Lakukan pengukuran tiap satu jam sekali dimulai dari jam 08.00 – 16.00
6. Setelah pukul 16.00 akhiri pengujian.
7. Lakukan variasi kapasitas $1/4$, $1/2$, $3/4$ dari gate valve lalu ulangi langkah dari 1 sampai 5 (tanpa harus mengukur pada pukul 04.00).
8. lakukan 2 kali praktikum tiap variasi bukaan katup.
9. Lakukan pengukuran kapasitas tiap variasi bukaan katup.

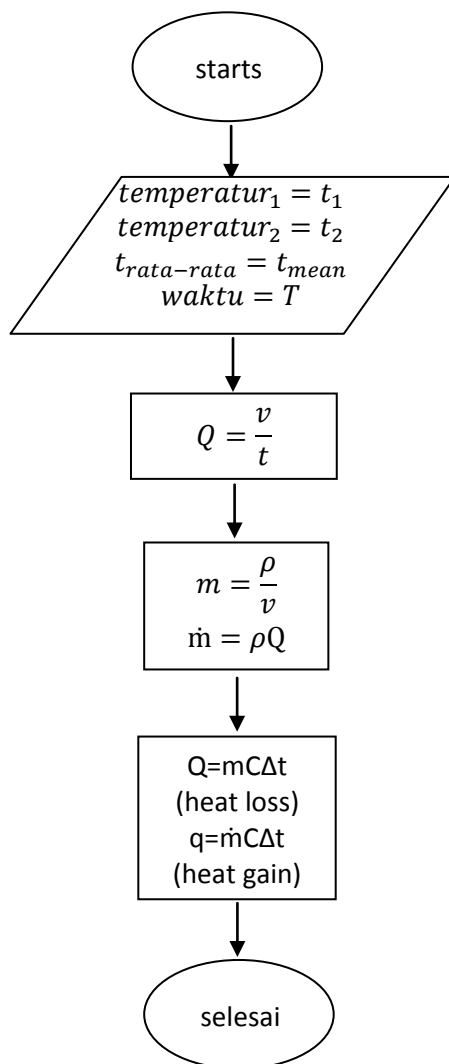
3.3.4 Pengujian Heat Loss

1. mulai pengujian pada pukul 08.00
2. Isi air pada wadah air sebanyak 60 liter.
3. Sambungkan steker pompa pada stop kontak untuk menyalakan pompa.
4. Buka gate valve dengan kondisi fully open
5. Gunakan termocouple untuk mengukur air di dalam bak pada pukul 14.00 dan 04.00
6. Matikan pompa setelah pukul 14.00

3.3.4 Perhitungan data

1. Hitung nilai kapasitas tiap variasi bukaan katup
2. Hitung nilai $\Delta t_{rata-rata}$ dan ρ pada pukul 08.00-14.00
3. Hitung nilai $\Delta t_{rata-rata}$ dan ρ pada pukul 14.00-04.00
4. Hitung nilai \dot{m} untuk tiap variasi bukaan katup dan m pada bak penampung air
5. Hitung nilai heat gain dan heat loss dengan rumus $Q=mC\Delta t$
6. Buat grafik heat gain-kapasitas

3.6 Diagram Alir Perhitungan Heat Gain dan Heat Loss



1.7 Jadwal pengujian

Tabel 3.1 jadwal pengujian

no	tanggal	tempat	Keterangan
1	3 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{1}{2}$
2	4 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{1}{2}$
3	5 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{3}{4}$
4	6 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{3}{4}$
5	7 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{1}{4}$
6	8 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan kattup $\frac{1}{4}$
7	9 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan katup penuh
8	12 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat gain pada bukaan katup penuh
9	15 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat loss
10	18 Mei 2016	Lapangan voli kampus kota	Pengujian heat loss

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Variasi Kapasitas

Kapasitas perlu diketahui dikarenakan kapasitas berfungsi untuk mengetahui laju aliran massa pada pipa. Kapasitas diperoleh dengan cara membagi volume sebesar 1000 ml dengan waktu yang dibutuhkan fluida (air) untuk memenuhi volume sebesar 1000 ml.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = kapasitas m^3/s

V = volume (m^3)

t = waktu yang dibutuhkan untuk mengisi 1000 ml

Dari data pengujian yang telah diperoleh didapat waktu untuk tiap variasi bukaan katup :

Fully open	: 2,4 detik
$\frac{3}{4}$: 3,59 detik
$\frac{1}{2}$: 7,14 detik
$\frac{1}{4}$: 24,6 detik

Maka nilai Q untuk tiap bukaan katup adalah :

Fully open :

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,001m^3}{2,4} = 0,000416 \frac{m^3}{s}$$

$\frac{3}{4}$:

$$Q = \frac{0,001m^3}{3,16} = 0,0002778 \frac{m^3}{s}$$

$\frac{1}{2}$:

$$Q = \frac{0,001m^3}{7,14} = 0,00014 \frac{m^3}{s}$$

$\frac{1}{4}$:

$$Q = \frac{0,001m^3}{24,6s} = 0,0000406 \frac{m^3}{s}$$

4.2 Data Temperatur

Dari hasil pengujian terdapat 8 tabel temperatur air dimana tiap variasi kapasitas dilakukan pengujian sebanyak 2 kali.

Tabel 4.1 temperatur air pada $Q = 0,000416 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-1

jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	36	35	35	35	35	35
10	38	38	38	38	38	38
11	41	41	41	41	41	41
12	45	45	45	45	46	45,2
13	46	46	46	46	46	46
14	47	47	47	47	47	47
15	46	46	46	46	46	46
16	45	45	45	45	45	45

Tabel 4.2 temperatur air pada $Q=0,000416 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-2

Jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	32	32	32	32	32	32
9	36	36	36	36	36	35
10	38	38	38	38	38	38
11	43	43	43	43	43	43
12	48	48	48	48	48	48
13	49	49	49	49	49	49
14	50	50	50	50	50	50
15	49	49	50	50	50	49,6
16	49	49	49	49	49	49

Tabel 4.3 temperatur air pada $Q=0,0002778 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-1

Jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	34	34	34	34	34	34
10	37	37	37	37	36	36,8
11	39	39	39	39	39	39
12	43	43	43	43	43	43
13	45	45	45	45	45	45
14	45	45	45	45	45	45
15	45	45	45	45	45	45
16	44	44	44	44	44	44

Tabel 4.4 temperatur air pada $Q=0,0002778 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-2

Jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	34	34	34	34	34	34
10	37	37	37	37	37	37
11	41	41	41	41	41	41
12	45	45	45	45	45	45
13	48	49	48	49	49	48,6
14	50	50	50	50	50	50
15	49	49	49	49	49	49
16	49	49	49	49	49	49

Tabel 4.5 temperatur air pada $Q=0,00014 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-1

Jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	33	33	33	33	33	33
10	37	37	37	37	37	37
11	40	40	40	40	40	40
12	43	43	43	43	43	43
13	45	45	45	45	45	45
14	47	47	47	47	47	47
15	46	46	46	46	46	46
16	46	46	46	46	46	46

Tabel 4.6 temperatur air pada $Q=0,00014 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-2

Jam	temperatur air °C					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	35	35	35	35	35	35
10	39	39	39	39	39	39
11	44	44	44	44	44	44
12	48	48	48	48	48	48
13	50	50	50	50	50	50
14	51	51	51	51	51	51
15	50	50	50	50	50	50
16	50	50	50	50	50	50

Tabel 4.7 temperatur air pada $Q=0,0000406 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-1

Jam	percobaan pertama					
	temperatur air					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	34	45	33	33	33	35,6
10	37	37	37	37	36	36,8
11	40	40	40	40	40	40
12	43	43	43	43	43	43
13	45	45	45	45	45	45
14	46	46	46	46	46	46
15	45	45	45	45	45	45
16	44	44	44	44	44	44

Tabel 4.8 temperatur air pada $Q=0,0000406 \frac{m^3}{s}$, percobaan ke-2

jam	percobaan ke-2					
	temperatur air					
	1	2	3	4	5	rata-rata
8	31	31	31	31	31	31
9	36	36	36	36	36	36
10	41	41	41	41	41	41
11	46	46	46	46	46	46
12	49	49	49	49	49	49
13	50	50	50	50	50	50
14	53	53	53	53	53	53
15	53	52	53	52	52	52,4
16	52	52	52	52	52	52

4.3 Analisis Data Temperatur.

Dari seluruh data temperatur air maka dapat ditentukan bahwa pukul 14.00 merupakan pucak dari temperatur air, hal ini dikarenakan temperatur air pada pukul 14.00 adalah suhu yang paling tinggi. Temperatur pada pukul 14.00 dapat disimbolkan sebagai t_2 dan temperatur pada pukul 08.00 dapat disimbolkan t_1 .

Setelah menentukan nilai t_2 dan t_1 kita dapat menentukan nilai dari Δt untuk masing-masing variasi kapasitas bukaan katup

- Δt pada $Q= 0,000416 \frac{m^3}{s}$

Praktikum pertama; $\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 47^\circ c - 31^\circ c = 16^\circ c$

Praktikum kedua; $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 50^\circ c - 32^\circ c = 18^\circ c$

$$\Delta t_{rata-rata} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{18^\circ c + 16^\circ c}{2} = 17^\circ c$$

- Δt pada $Q= 0,0002778 \frac{m^3}{s}$

Praktikum pertama; $\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 45^\circ c - 31^\circ c = 14^\circ c$

Praktikum kedua ; $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 50^\circ c - 31^\circ c = 19^\circ c$

$$\Delta t_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{19^\circ\text{C} + 14^\circ\text{C}}{2} = 16,5^\circ\text{C}$$

- Δt pada $Q = 0,00014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Praktikum pertama; $\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 47^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} = 16^\circ\text{C}$

Praktikum kedua ; $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 51^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$

$$\Delta t_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{16^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C}}{2} = 18^\circ\text{C}$$

- Δt pada $Q = 0,000416 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Praktikum pertama; $\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 46^\circ\text{C} - 31^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$

Praktikum kedua ; $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 53^\circ\text{C} - 31^\circ = 22^\circ\text{C}$

$$\Delta t_{\text{rata-rata}} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{15^\circ\text{C} + 22^\circ\text{C}}{2} = 18,5^\circ\text{C}$$

Table 4.9 Δt ($^\circ\text{C}$) per kapasitas

kapasitas (m^3/s)	Δt ($^\circ\text{C}$)
0,0000406	18,5
0,00014	18
0,0002778	16,5
0,000416	17

4.4 Perhitungan Massa Jenis

Masa jenis air diperoleh dari tabel A.8 (Introduction to fluid mechanic) dengan menggunakan data temperatur air rata-rata pada pukul 08.00 – 14.00.

ρ pada $Q = 0,000416 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$:

temperatur rata-rata pada percobaan pertama : $40,457^\circ\text{C}$

temperatur rata-rata pada percobaan kedua : $42,142^\circ\text{C}$

$$\frac{t_{\text{mean1}} + t_{\text{mean2}}}{2} = t_{\text{mean12}}$$

$$\frac{40,457^\circ\text{C} + 42,142^\circ\text{C}}{2} = 41,3^\circ\text{C} = t_{\text{mean12}}$$

menggunakan tabel A.8 dengan interpolasi untuk menentukan nilai density pada temperatur 41,3 °c.

$$40^{\circ}\text{c} = 992$$

$$41,3^{\circ}\text{c} = x$$

$$45^{\circ}\text{c} = 990$$

$$\frac{5}{3,7} = \frac{-2}{990 - x}$$

$$x = \rho = 991,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho \text{ pada } Q = 0,0002778 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

temperatur rata-rata pada percobaan pertama : 39,11429 °c

temperatur rata-rata pada percobaan kedua : 40,94286 °c

$$\frac{39,11429 + 40,94286}{2} = 40,028^{\circ}\text{c}$$

menggunakan tabel A.8 dengan interpolasi untuk menentukan nilai density pada temperatur 40,028 °c

$$40^{\circ}\text{c} = 992$$

$$40,0285^{\circ}\text{c} = x$$

$$45^{\circ}\text{c} = 990$$

$$\frac{5}{4,9715} = \frac{-2}{990 - x}$$

$$x = \rho = 991,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho \text{ pada } Q = 0,00014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

temperatur rata-rata pada percobaan pertama : 39,4285 °c

temperatur rata-rata pada percobaan kedua: 42,5714 °c

$$\frac{t_{mean1} + t_{mean2}}{2} = t_{mean12}$$

$$\frac{39,4285 + 42,5714}{2} = 41^{\circ}\text{c}$$

menggunakan tabel A.8 dengan interpolasi untuk menentukan nilai density pada temperatur 41°C

$$\begin{array}{rcl}
 40^{\circ}\text{C} & = & 992 \\
 41^{\circ}\text{C} & = & x \\
 45^{\circ}\text{C} & = & 990 \\
 \frac{5}{4} & = & \frac{-2}{990 - x} \\
 x = \rho & = & 991,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

$$\rho \text{ pada } Q = 0,0000406 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

temperatur rata-rata pada percobaan pertama : 39,6285 °C

temperatur rata-rata pada percobaan kedua : 43,7142 °C

$$\begin{array}{l}
 \frac{t_{mean1} + t_{mean2}}{2} = t_{mean12} \\
 \frac{39,6285^{\circ}\text{C} + 43,7142^{\circ}\text{C}}{2} = 41,67143^{\circ}\text{C}
 \end{array}$$

menggunakan tabel A.8 dengan interpolasi untuk menentukan nilai density pada temperatur 41,67143°C

$$\begin{array}{rcl}
 40^{\circ}\text{C} & = & 992 \\
 41,67143^{\circ}\text{C} & = & x \\
 45^{\circ}\text{C} & = & 990 \\
 \frac{5}{3,3285} & = & \frac{-2}{990 - x} \\
 x = \rho & = & 991,3314 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{array}$$

4.5 Laju Aliran Massa

Laju aliran massa diperoleh dengan cara mengkalikan kapasitas dengan masa jenis.

$$\dot{m} = Q\rho$$

\dot{m} = laju aliran massa di dalam pipa (kg/s)

Q = kapasitas (m³/s)

ρ = masa jenis air (kg/m³)

- Menhitung \dot{m} pada kapasitas 0,000416 m³/s (fully open), dimana $\rho=991,73$ kg/m³

$$\dot{m} = 0,000416 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 991,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$\dot{m} = 0,41255 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- Menghitung \dot{m} pada kapasitas 0,0002778 m³/s , dimana $\rho = 991,99$ kg/m³

$$\dot{m} = 0,0002778 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 991,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$\dot{m} = 0,275574 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- Menghitung \dot{m} pada kapasitas 0,00014 m³/s dimana $\rho = 991,6$ kg/m³

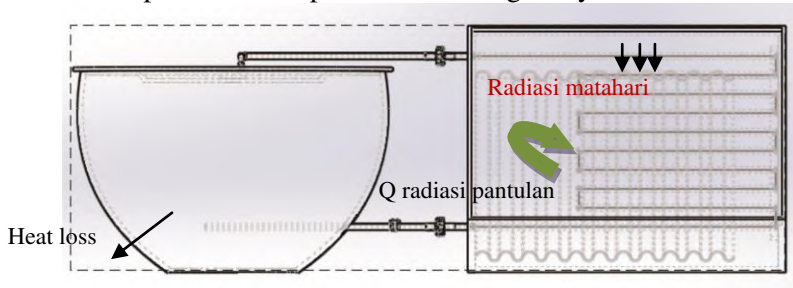
$$\dot{m} = 0,00014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 991,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$\dot{m} = 0,138824 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- Menghitung \dot{m} pada kapasitas 0,0000406 m³/s dimana $\rho = 991,3314$ kg/m³

$$\dot{m} = 0,0000406 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 991,3314 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$\dot{m} = 0,04024805 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

4.6 Overall Heat Gain

overall heat gain adalah panas yang diterima oleh fluida (air) akibat seluruh perpindahan panas dari luar ke dalam yang berada pada instalasi pemanas air tenaga surya.



Gambar 4.1 control volume instalasi

Nilai heat gain dari pemanas air tenaga surya didapat dari radiasi matahari dan radiasi pantulan dari plat, pada perhitungan ini tidak menghitung nilai heat gain pada pipa namun menghitung overall heat gain pada air selama 08.00 dan 14.00 dengan asumsi tidak ada heat loss dari pipa ke lingkungan

$$q = \dot{m}C\Delta t$$

q = heat gain (J/kg)

\dot{m} = laju aliran massa (Kg/s)

Δt = perbedaan temperatur fluida pada awal (08.00) dan puncak (14.00) ($^{\circ}\text{C}$)

- Menghitung heat gain pada kapasitas 0,000416 m^3/s (fully open), $\Delta t = 17^{\circ}\text{C}$ dan $\dot{m} = 0,41255 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$$q = 0,41255 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot 17^{\circ}\text{C}$$

$$q = 29315,803 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 29,315 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

- Menghitung heat gain pada kapasitas 0,0002778 m^3/s , $\Delta t = 16,5^{\circ}\text{C}$ dan $\dot{m} = 0,275578 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$$q = 0,275578 \frac{kg}{s} \cdot 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 16,5^{\circ}C$$

$$q = 19006,6146 \frac{J}{s} = 19,00661 \frac{kJ}{s}$$

- Menghitung heat gain pada kapasitas 0,00014 m³/s , Δt = 18 °c dan $\dot{m} = 0,138824 \frac{kg}{s}$

$$q = 0,138824 \frac{kg}{s} \cdot 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 18^{\circ}C$$

$$q = 10445,117 \frac{J}{s} = 10,445117 \frac{kJ}{s}$$

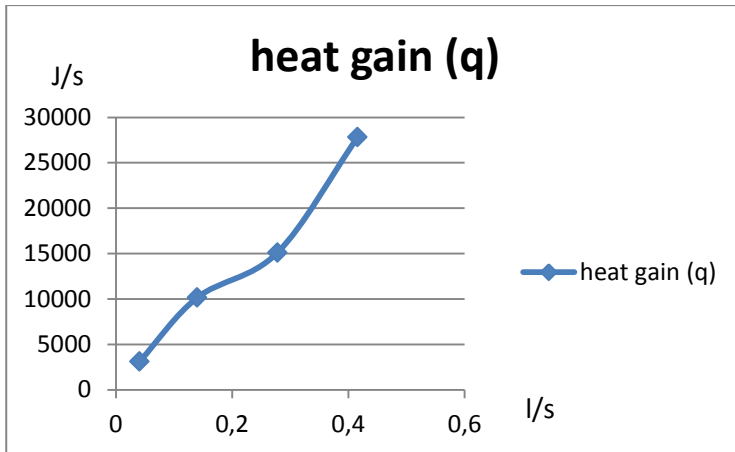
- Menghitung heat gain pada kapasitas 0,0000406 m³/s, Δt = 18,5 °c dan $\dot{m} = 0,04024805 \frac{kg}{s}$

$$q = 0,04024805 \frac{kg}{s} \cdot 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 18,5^{\circ}C$$

$$q = 3112,3822 \frac{J}{s} = 3,112382 \frac{kJ}{s}$$

Tabel 4.10 perhitungan heat gain

kapasitas (m ³ /s)	t plat rata-rata (°c)	\dot{m} (kg/s)	C (J/kg°C)	Δt (°c)	Q (J/s)
0,0000406	65,714	0,04024	4180	18,5	3112,3822
0,00014	64,971	0,1388	4180	18	10445,117
0,0002778	65,7142	0,275578	4180	16,5	15095,652
0,000416	66,885	0,41255	4180	17	27822,08



Gambar 4.2 grafik heat gain – kapasitas.

Dari data tersebut dapat di analisa bahwa nilai heat gain paling besar pada kapasitas 0,000416 (m³/s) hal ini dikarenakan nilai dari \dot{m} yang sangat mempengaruhi dari nilai heat gain. Kalor jenis air yang bernilai 4180 (J/kg°C) selalu bernilai sama sehingga tidak mempengaruhi nilai heat gain. Δt memiliki pengaruh terhadap besar kecilnya nilai heat gain namun pengaruh Δt tidak begitu signifikan dikarenakan cakupan variasi kapasitas yang cukup kecil tidak menyebabkan perbedaan nilai Δt yang terlalu besar.

4.6 Validasi Heat Gain

Nilai heat gain secara actual dalam kapasitas fully open telah diketahui maka kita dapat membandingkan nilai heat gain secara actual dengan nilai heat gain secara teoritis pada kondisi fully open dari pemanas air tenaga surya.

$$q_t = A_p [S - U_L (T_{pm} - T_a)] + [F_{ij} \varepsilon \sigma A (T_{pl}^4 - T_{pm}^4)]$$

$$q_t = 0,3713[254784,361 - 3,31817791(329,87 - 304,5)] + [0,261 \cdot 0,9 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,3713(335,58^4 - 329,87^4)]$$

$$q_t = [94570,177] + [4,1607]$$

$$q_t = 94574,3377 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$q_a = 27822,08 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Nilai q_t yang lebih besar daripada nilai q_a diakibatkan beberapa alasan berikut :

- Pipa yang tidak terisolasi

Terdapat bagian pipa yang berada di luar kolektor surya, hal ini menyebabkan terjadinya konveksi oleh aliran udara yang berasal dari lingkungan. Konveksi ini menyebabkan perpindahan panas dari pipa ke lingkungan.



Gambar 4.3 pipa yang tidak terisolasi

- Celah pada pipa masuk dan pipa keluar



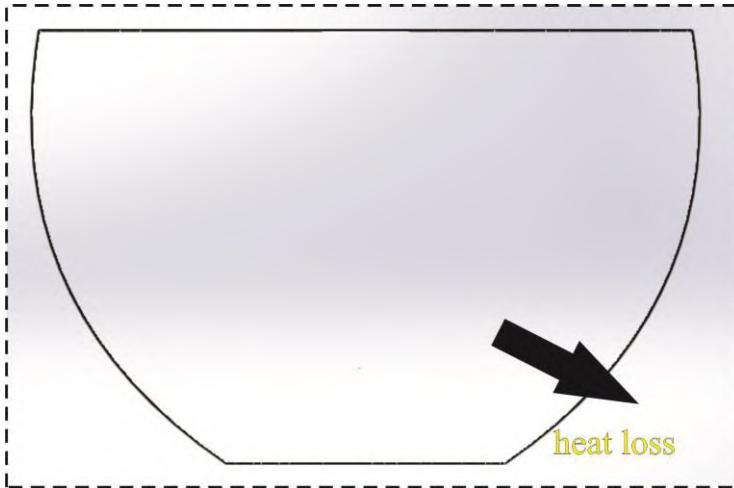
Gambar 4.4 celah pada pipa masuk dan keluar

Terdapat celah pada pipa masuk dan pada pipa keluar. Celah ini menyebabkan infiltrasi yang masuk ke ruangan. Akibat dari infiltrasi ini menyebabkan terjadinya konveksi pada plat dan pipa.

- Heat loss pada bak penampung air
Bak penampung air sudah terisolasi oleh karung goni namun isolasi ini tetap menyebabkan terjadinya perpindahan panas dari dalam bak ke lingkungan.

4.7 Heat Loss

Heat loss adalah panas yang hilang dari fluida ke lingkungan akibat adanya perbedaan temperatur, dalam hal ini analisa heat loss hanya pada bak penampung air. Untuk menghitung heat loss maka kita perlu mengetahui nilai dari m , Δt dan C



Gambar 4.5 heat loss dari bak penampung air

Nilai Δt dapat kita ketahui dengan mengurangi nilai temperatur air pada pukul 14.00 dan pada pukul 04.00. temperatur air pada pukul 14.00 bernilai 50°C dan temperatur air pada pukul 04.00 bernilai 42°C pada percobaan pertama dan 41°C pada percobaan kedua. Dari data tersebut dapat ditentukan :

$$\Delta_{tmean} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = \frac{(50 - 41) + (50 - 42)}{2} = 8,5^{\circ}\text{C}$$

Nilai m dapat kita ketahui dengan persamaan berikut :

$$\rho v = m$$

ρ = masa jenis dari air pada temperatur rata-rata

v = volume air pada bak (m^3), volume air pada bak bernilai 60 liter

m = massa air pada bak (kg)

ρ didapat dari table A.8 properties of water pada buku introduction to fluid mechanic dengan interpolasi menggunakan fungsi temperatur rata-rata pada pukul 14.00 dan pada pukul 04.00.

$$\begin{aligned} \frac{t_{mean1} + t_{mean2}}{2} &= \frac{46^{\circ}C + 45,5^{\circ}C}{2} = 45,75^{\circ}C \\ 45^{\circ}C &= 990 \text{ kg/m}^3 \\ 45,75^{\circ}C &= x \\ 50^{\circ}C &= 988 \text{ kg/m}^3 \\ \frac{5}{4,25} &= \frac{-2}{988 - x} \\ X = \rho &= 989,7 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Maka massa air dalam bak:

$$\begin{aligned} m &= \rho V \\ m &= 989,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,06 \text{m}^3 = 59,382 \text{ kg} \end{aligned}$$

Setelah seluruh variabel ditemukan maka kita dapat menghitung nilai heat loss pada bak tersebut.

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta t \\ Q &= 59,382 \text{ kg} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}C} \cdot 8,5^{\circ}C \\ Q &= 2109842,46 \text{ J} \end{aligned}$$

4.8 Volume yang Dapat Digunakan Untuk Mandi Pada Pukul 04.00 Pagi

Untuk mengetahui kapasitas yang dapat kita gunakan untuk mandi pada pukul 04.00 dapat digunakan persamaan Azaz black :

$$Q_{diterima} = Q_{dilepaskan}$$

Temperatur air rata-rata di dalam bak pada pukul 04.00 sebesar $41,5^{\circ}C$. dengan menggunakan tabel A.8 properties of water

dengan interpolasi dapat ditentukan nilai massa jenis air pada temperatur 41,5°C sebesar 991,4 kg/m³

Setelah menemukan nilai massa jenis air pada pukul 04.00 maka kita dapat menentukan nilai massa air pada bak.

$$m = \rho V$$

$$m = 991,4 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,06m^3 = 59,484 kg$$

Mengacu pada standar ANSI ISEA Z358.1- 2014 Compliance Checklist tentang suhu air hangat 16°C - 38°C. Maka di asumsikan suhu yang digunakan untuk mandi bernilai 38°C

$$Q_{diterima} = Q_{dilepaskan}$$

$$m_{air dingin} \cdot C \cdot \Delta t = m_{air dalam bak} \cdot C \cdot \Delta t$$

$$m_{air dingin} \cdot 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot (38^{\circ}C - 31^{\circ}C) = 59,484 kg \cdot 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot (41,5^{\circ}C - 38^{\circ}C)$$

$$m_{air dingin} = 23,132 kg$$

$$m_{total} = m_{air dingin} + m_{air hangat}$$

$$m_{total} = 23,312 kg + 59,484 kg = 82,796 kg$$

Setelah didapatkan nilai massa air total maka kita perlu mencari nilai massa jenis air pada temperatur 38°C dengan table A.8 properties of water

40°C	=	992
38°C	=	x
35°C	=	994
5	-2	
$\frac{5}{2}$	=	$\frac{-2}{992 - x}$

$$x = \rho = 993 \frac{kg}{m^3}$$

maka volume total :

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{82,796 \text{ kg}}{993 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,0833 \text{ m}^3 = 83,3 \text{ liter}$$

Mengacu pada skripsi yang berjudul “**kualitas air bersih untuk kebutuhan rumah tangga di desa pesarean kecamatan adiwerna kabupaten tegal**” tentang kapasitas air yang digunakan untuk mandi bernilai 25 liter – 30 liter. Maka di asumsikan kapasitas yang digunakan bernilai 30 liter.

$$\frac{83,3 \text{ liter}}{30 \text{ liter}} = 2,7$$

Maka dari pemanas air tenaga surya dengan kapasitas 60 liter dengan temperatur mandi 38°C dapat digunakan untuk 2 orang

Lampiran 1 :

Table A.8

Properties of Water (SI Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{C})$	Density, $\rho(\text{kg/m}^3)$	Dynamic Viscosity, $\mu(\text{N} \cdot \text{s/m}^2)$	Kinematic Viscosity, $\nu(\text{m}^2/\text{s})$	Surface Tension, $\sigma(\text{N/m})$	Vapor Pressure, $p_v(\text{kPa})$	Bulk Modulus, $E_v(\text{GPa})$
0	1000	1.76E-03	1.76E-06	0.0757	0.661	2.01
5	1000	1.51E-03	1.51E-06	0.0749	0.872	
10	1000	1.30E-03	1.30E-06	0.0742	1.23	
15	999	1.14E-03	1.14E-06	0.0735	1.71	
20	998	1.01E-03	1.01E-06	0.0727	2.34	2.21
25	997	8.93E-04	8.96E-07	0.0720	3.17	
30	996	8.00E-04	8.03E-07	0.0712	4.25	
35	994	7.21E-04	7.25E-07	0.0704	5.63	
40	992	6.53E-04	6.59E-07	0.0696	7.38	
45	990	5.95E-04	6.02E-07	0.0688	9.59	
50	988	5.46E-04	5.52E-07	0.0679	12.4	2.29
55	986	5.02E-04	5.09E-07	0.0671	15.8	
60	983	4.64E-04	4.72E-07	0.0662	19.9	
65	980	4.31E-04	4.40E-07	0.0654	25.0	
70	978	4.01E-04	4.10E-07	0.0645	31.2	
75	975	3.75E-04	3.85E-07	0.0636	38.6	
80	972	3.52E-04	3.62E-07	0.0627	47.4	
85	969	3.31E-04	3.41E-07	0.0618	57.8	
90	965	3.12E-04	3.23E-07	0.0608	70.1	2.12
95	962	2.95E-04	3.06E-07	0.0599	84.6	
100	958	2.79E-04	2.92E-07	0.0589	101	

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 kesimpulan

1. Perbedaan nilai heat gain teoritis dan eksperimental dikarenakan terdapat heat loss pada beberapa bagian
2. Kapasitas mempengaruhi nilai heat gain, semakin besar kapasitas maka semakin besar nilai heat gainnya.
3. Bak penampung air memiliki nilai heat loss sebesar 2109842,46 J.
4. Volume air campuran sebesar 83,3 liter yang artinya dapat digunakan oleh 2 orang untuk mandi.

5.2 saran

1. Dapat meningkatkan nilai temperatur dengan cara memperluas permukaan pipa.
2. Memendamkan pipa outlet pada bak sehingga dapat mengurangi terjadinya nilai heat loss.

DAFTAR PUSTAKA

1. Astuti, Puji. 2010. Desain Sistem Pemanas Air Menggunakan Radiasi Sinar Matahari. UIN, Malang.
2. Burhanuddin, Auliya. 2006. Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar dengan Variasi Jarak Kaca Penutup dan Sudut Kemiringan Kolektor. UNS, Surakarta.
3. Eka. 2005. Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Absorber Gelombang Tipe Sinusoidal dengan Penambahan Honeycom. FTI-ITS, Surabaya.
4. Fox And Mcdonald. 2005. Introduction of Fluid Mechanic.eight edition.
5. Gunerhan, Huseyin. Thermal Analysis of a Flat-Plate Solar Collectors in Parallel and Series Connections. Ege University, Turkey
6. <http://teknikelektronika.com/>
7. Incropera and David P. Dewitt. 1996. Fundamental of Heat and Mass Transfer. Sixth Edition
8. Kalogirou, Soteris A. 2009. Solar Energy Engineering, Process and System. San Diego.
9. Muharto. Astuti, Ana Dwi dan Luvita, Veny. Efektivitas Penyerapan Panas Sinar Matahari oleh Air yang Mengalir dalam Pipa. FTI-ITS, Surabaya.
10. Parinussa. 2015. Rancang Bangun Alat Pemanas Air Tenaga Surya Sederhana. FTI-ITS, Surabaya.
11. "Thermocouple temperature sensors". Temperatures.com. Retrieved 2007-11-04.

BIODATA PENULIS



Penulis tugas akhir ini bernama Ikki Adji Dharma. Tugas Akhir ini diselesaikan sebagai persyaratan untuk kelulusan D-III di Teknik Mesin ITS. Penulis dilahirkan di Denpasar, 7 February 1995, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Dharma Wanita, SDN Sedati Gede I, SMP Negeri 1 Waru, dan SMA Muhammadiyah 2 sSdoarjo. Pada tahun 2013 Penulis diterima di Jurusan D-III Teknik Mesin FTI-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 2112 030 035. Konversi Energi merupakan bidang studi yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikutinya antara lain : Kabiرو akademik dan kesejahteraan mahasiswa HMDM pada periode 2015-2016

Pelatihan yang pernah diikuti penulis : LKMM Pra-TD FTI-ITS (2013), LKMM TD HMDM FTI-ITS (2014),

E-mail : as.shobrun@gmail.com